

砕波の水粒子速度に関する研究

鳥取大学大学院 学生員 ○坂本 達也
鳥取大学 正 員 野田 英明

1. はじめに

砕波帯内での水粒子の挙動については、過去においても数多くの研究がなされている。しかし、そのメカニズムについてはほとんど解明されていないといえる。本研究では、乱れ強度やReynolds応力の諸量を測定し、その内部における組織運動 (large scale structure) を把握しようと試みた。表-1 実験条件

2. 実験方法ならびに解析方法

砕波帯では、乱流と層流とが時間的に遷移しているものと考える。乱流では、突発的現象 (以下、バースト) が見られるはずである。バーストは、水粒子速度と関係していることから、ホットフィルム流速計 (スプリット型) より測定した水粒子速度からバースト現象についても検討する。表-1は、実験条件を、また図-1はそれぞれ流速測定点を示す。

斜面勾配	1/15
一様水深部水深	40 cm
波の周期	1.21 sec
一様水深部波高	7.43 cm
沖波波形勾配	0.044

乱れ成分はアンサンブル平均法を用いて求めるとともに、砕波帯内でのReynolds応力については、VI TA法 (Variable Interval Time Average method) を適用してバーストの抽出を試みた。

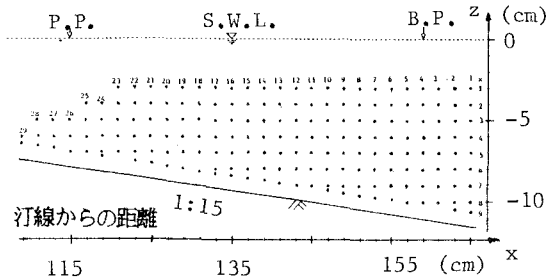


図-1 流速測定点

バーストを抽出する時間間隔 T_1 は、 $T_1 = 0.06$ (sec) とした。

図-2は、乱れ成分を抽出した一例であって、Reynolds応力の大きさを示している。

つぎに、局所分散 $[\text{var}]$ を式(2)に示す。

$$[\text{var}(x, z, t, T_1)] = \left[\{-u'w'^2(x, z, t, T_1)\} \right] - [-u'w'^2(x, z, t, T_1)]^2 \quad \text{--- (2)}$$

抽出の基準となる値を $k \cdot (-u'w'^2 \text{rms})$ として式(3)によって識別関数 $D(t)$ を定義する。ただし、本計算では $k=1$ とした。

$$D(t) = \begin{cases} 1 & [\text{var}(x, z, t, T_1)] > k \cdot (-u'w'^2 \text{rms}) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{--- (3)}$$

図-4は式(3)の計算過程を図に示したものである。 $D(t)$ を求めてからさらに位相別に分けて、式(4)で示すように処理を行った。

$$D_{\text{ph}}(t_0) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} D(t_0 + nT) \quad \text{--- (4)}$$

ここで、 $t = t_0 + nT$ ($n=1, 2, \dots, N$)、 $0 < t_0 \leq T$ 、 N : 波数、 T : 周期である。

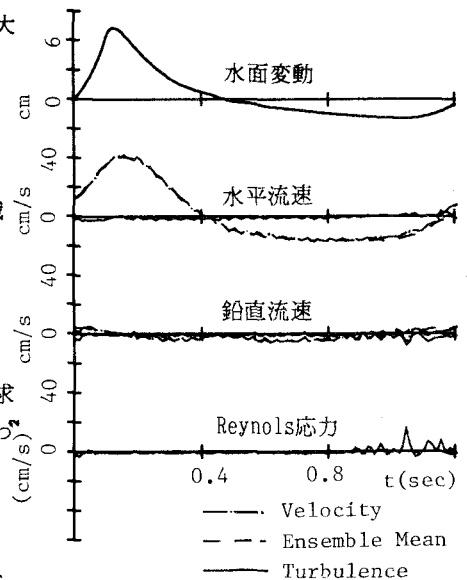


図-2 乱れ成分抽出 (測点3x8)

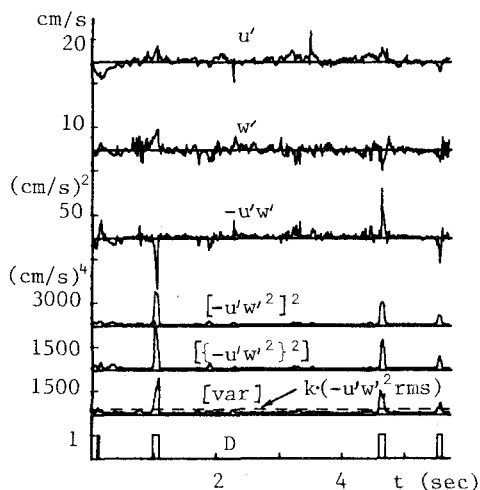


図-3 VITA法による識別関数 (測点18x3)

3. 実験結果および考察

図-4, 5はDphを示したものである。これらの図は各位相でのDphを棒グラフによって表示している。図-4は砕波点(測線3)での結果であり、位相0でも大きな値となっているが、波の谷でのバースト発生数の方がかなり多い。Dphのピークの t_0 の値が、鉛直方向に少しずつずれる傾向がある。図-5は測線24(突入点付近)での結果を示している。上層では位相0付近でピークを示しているが、その他の位相では顕著な変化は見られない。一方、下層ではバーストが散在している。

これらの解析結果と水中内部で水粒子の運動をさらにむすびつけるために、ビデオ解析結果を示す。図-6は、測線18付近での塩化ビニールの粉末を1/30(sec)の間隔で撮影したものである。3種類の粉末のサンプリングは、水位が最も低くなる位相を1番として8番までを読み取った。これを見ると、波の峰にともなって移動する流体塊の変化によって水粒子の運動が、大きく影響されていることが観察される。

4. 結語

砕波帯内を乱流と考えた上で、水粒子速度から求めたReynolds応力($-u'w'$)に条件抽出(VITA)法を用いた。バースト発生位相については、砕波点において波の谷の位相で多発していた。また、鉛直方向にみた場合、バーストのピークにずれがみられた。砕波点と突入点でのバーストの位相変化はことなり、突入点では波の前面に多く分布していた。塩化ビニールの粉末を用いたlagrange法による結果より、波の峰に伴って移動する流体塊の大きさの時間的変化によって水粒子速度がかなり異なってくることが観察された。

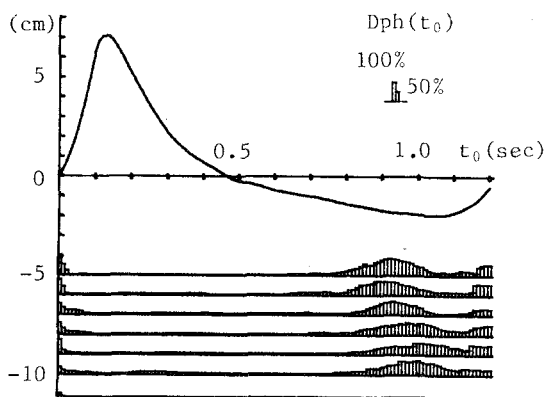


図-4 測線3のDph(t_0)

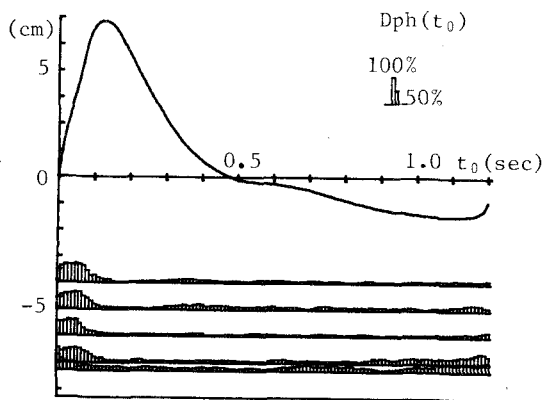


図-5 測線24のDph(t_0)

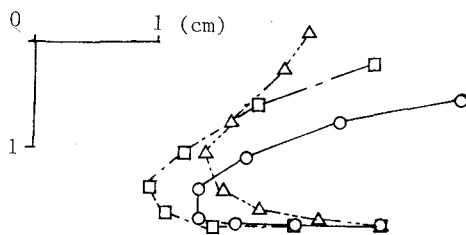


図-6 砕波帯での水粒子軌道